

Von Donnerbüschen, Rüsslern, Saurem Regen und Rehen – zur Waldschutzsituation der Weißtanne

Ralf Petercord

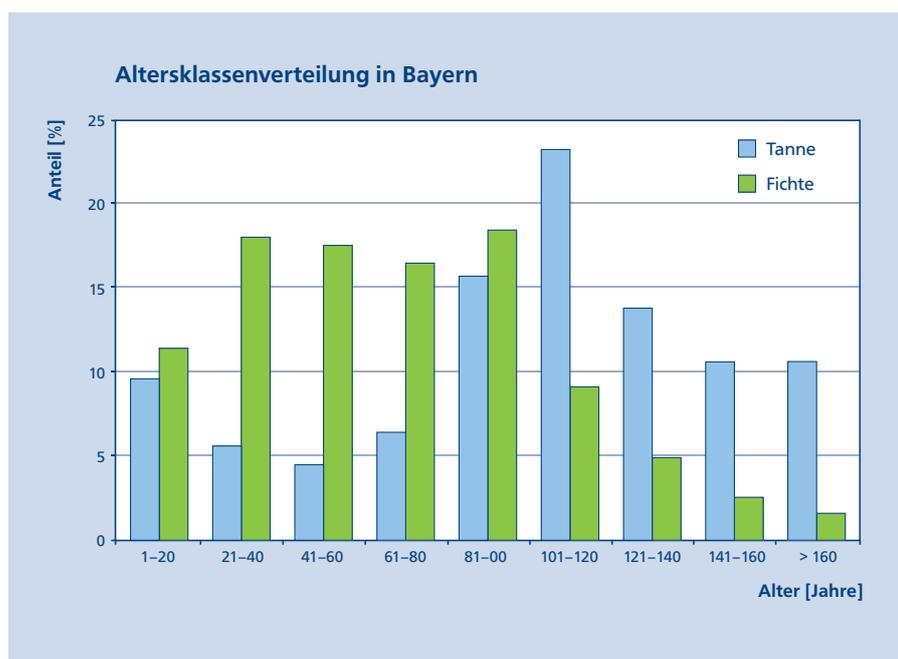
Schlüsselwörter: Weißtanne, Waldschutzrisiken, Tannensterben, Verbiss, Insekten, Pilze

Zusammenfassung: In den vergangenen 20 Jahren unterlag die Weißtanne einem starken Meinungswandel. Hatte man sie forstlicherseits in den Jahren des Waldsterbens nahezu aufgegeben, entwickelte sie sich mit dem zunehmenden Wissen um die Auswirkungen des Klimawandels zu einem Hoffnungsträger des klimastabilen Waldumbaus. Dabei wird allzu leicht vergessen, dass sich das biotische Waldschutzrisiko nicht verändert hat. Der Waldumbau kann nur dann gelingen, wenn dies berücksichtigt und angemessen darauf reagiert wird.

Die Weißtanne gehört unbestritten zu den fünf Hauptbaumarten der deutschen Forstwirtschaft, so lernt es zumindest jeder Forststudent. Diese Zuordnung beruht aber im Wesentlichen auf ihrer Bedeutung in der Vergangenheit bzw. in der potentiell natürlichen Vegetation (pnV), da ihr Anteil an der Waldfläche bundesweit bereits geringer ist als der von Lärche oder Douglasie (BWI²). Die Weißtanne ist die Baumart mit den höch-

ten Verlusten am Waldflächenanteil im vergangenen Jahrhundert. In Bayern nimmt sie derzeit einen Waldflächenanteil von insgesamt zwei Prozent (BWI²) ein, ihr Anteil an der natürlichen Waldbestockung würde dagegen acht bis 15 Prozent betragen (Kölling et al. 2004). Kam sie in den westlichen Landesteilen Bayerns bereits um 1900 kaum noch vor, verlor sie im Laufe des 20. Jahrhunderts auch in den vier östlichen Regierungsbezirken erheblich an Fläche (Seitschek 1981; Borchert 2007). Massivste Verluste waren in Oberfranken zu verzeichnen, der Tannenanteil sank z. B. im Frankenwald von 25 Prozent im Jahr 1934 auf aktuell 0,88 Prozent (Schmidt 2004). Die unbestreitbaren Erfolge der modernen, nachhaltigen Forstwirtschaft, wie sie in Deutschland seit über 200 Jahren betrieben wird, treffen auf die Weißtanne also nicht zu. Es ist nicht gelungen, diese Baumart trotz der verstärkten Bemühungen der vergangenen 20 Jahre nachhaltig zu bewirtschaften. Dies wird auch im Altersklassenaufbau nachdrücklich deutlich, 58 Prozent der Weißtannenbestände sind älter als 100 Jahre, 74 Prozent gar älter als 80 Jahre (Abbildung 1) (BWI²). Die Verjüngung in den Altbeständen ist, falls überhaupt vorhanden, häufig nicht gesichert.

Abbildung 1: Vergleich der Altersklassenverteilung von Fichte und Tanne in Bayern



Der Rückgang der Weißtanne ist im Wesentlichen anthropogen bedingt. Er ist direkt auf die Bevorzugung anderer Baumarten, speziell der Fichte, sowie für die Tanne ungünstiger Bewirtschaftungsformen und indirekt auf die Überhege von Schalenwildbeständen zurückzuführen. Trotz teils spektakulärer Krankheitsercheinungen wie dem „Tannensterben“ spielen abiotische und biotische Schadfaktoren kaum eine Rolle, es sei denn eine psychologische bei der Baumartenwahl (Elling et al. 2007). Karl Gayer schrieb 1898: „Die Tanne ist der Fichte gegenüber in Hinsicht der ihr drohenden Gefahren sehr begünstigt. Hat sie die Frostgefahr in der ersten Jugend überstanden, und ist sie hier vom Zahne des Wildes verschont geblieben, dann ist ihre weitere Existenz nur wenig bedroht.“ Diese Einschätzung hat heute, dank der Anstrengungen zur Reduktion der Schwefeldioxid-Immissionen in den 1980er Jahren, wieder ihre Berechtigung. Dennoch ist das Wissen um die Waldschutzrisiken der Weißtanne, gerade im Hinblick auf den Klimawandel und die Bedeutung der Tanne als vergleichsweise klimastabile Baumart, entscheidend für einen erfolgreichen Waldumbau.

Die Komplexkrankheit „Tannensterben“

„Alle kaputt“ titelte „Der Spiegel“ 1980 und berichtete über eine „rätselhafte Krankheit“ der Tanne, „die vermutlich durch luftverfrachtete Industrieabgase verursacht wird“. Dies war der eigentliche Auftakt zum Waldsterben (Abbildung 2), auch wenn es noch etwa ein Jahr unter dem Begriff „Tannensterben“ firmierte.

Der Begriff des Tannensterbens war jedoch bereits sehr viel älter (Neger 1908). Erste Meldungen über ein „Tannensterben“ kamen zu Beginn des 19. Jahrhunderts aus Westböhmen. In den vergangenen 200 Jahren tauchte der Begriff dann immer wieder in der Literatur auf und wurde dabei uneinheitlich verwendet (Brandl 1985). Daraus resultierten ein scheinbar periodisches Auftreten der Krankheit (Krehan 1989) und wegen vermeintlich örtlicher Befallsunterschiede auch vielfältige Erklärungsversuche der Krankheitsursache (Schütt 1977; Seitschek 1981; Blaschke 1981, 1982; Larsen 1986). Schließlich wurde das Tannensterben als Komplexkrankheit, an der mehrere Schadfaktoren beteiligt sind, angesehen (Krehan 1989). Diese Einschätzung spiegelt sich in der Definition des Duden-Universalwörterbuches (2006) wider, nach der das Tannensterben ein „durch Verschmutzung der Luft und an Trieben und Nadeln saugende Schädlinge verursachtes, periodisch auftretendes Absterben von Weißtannen“ ist.

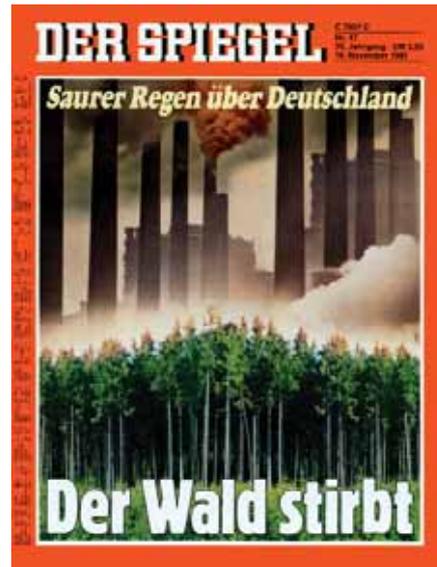


Abbildung 2: Der Spiegel 1981: Titelbild zum Waldsterben

Definiert man das Tannensterben jedoch als überregional auftretende Krankheit ohne erkennbare, eindeutige Krankheitsursache und berücksichtigt die Verbesserung der Vitalität der Tanne nach der Verminderung der Schwefeldioxid-Immissionen, wird deutlich, dass in diesen ein Schlüsselfaktor der Krankheitsentstehung zu sehen ist. Elling et al. (2007) stellen daher klar, dass Schwefeldioxid-Immissionen die zentrale Ursache des Tannensterbens sind und weitere Stressoren den Krankheitsverlauf nur verstärken. Die hohe Empfindlichkeit der Tanne gegen Schwefeldioxid ist genetisch bedingt und auf einen Verlust an genetischer Variation in der Refugialpopulation vor oder während der Rückwanderung nach der letzten Eiszeit zurückzuführen (Larsen 1986). Zur charakteristischen Symptomatik dieser Erkrankung, und nur bei dieser sollte der Begriff „Tannensterben“ verwendet werden, zählen (Krehan 1989; Elling et al. 2007):

- Kronenverlichtung von unten nach oben und von innen nach außen
- Frühzeitige Ausformung einer Storchennestkrone
- Ausbildung eines pathologischen Nasskerns
- Reduzierung und Deformation des Wurzelkörpers (vor allem der Feinwurzeln)
- Rückgang der Jahrringbreiten bzw. Jahrringausfälle.

Sturmgefährdung

Die retrospektive Auswertung der Sturmereignisse „Vivian“ und „Wiebke“ (Februar/März 1990) zeigte, dass das Sturmschadensrisiko der Weißtanne annähernd dem der Buche entspricht. Es ist damit etwa fünfmal niedriger als das der Fichte und nur halb so hoch wie das der Lärche bzw. der Kiefer (König et al. 1995). Die Weißtanne ist damit die sturmsicherste der wirtschaftlich bedeutenden, einheimischen Nadelbaumarten. Ursächlich für diese positive Eigenschaft ist ihr Wurzelsystem. Charakteristisch für die Weißtanne ist die Ausbildung eines Pfahlwurzelsystems. Ist dieses Wurzelsystem intakt, wird die Weißtanne nicht geworfen, sondern gebrochen; dies setzt deutlich höhere Windgeschwindigkeiten voraus.

Elling (2008, mündliche Mitteilung) vermutete, dass in der Phase des Tannensterbens ein sekundärer Hallimaschbefall die Pfahlwurzeln einzelner Altannen schädigte. Auf Wurzelschäden durch Phytophthora im Zusammenhang mit dem Tannensterben machte bereits Blaschke (1981, 1982) aufmerksam. Betroffene Bäume können den Verlust der Pfahlwurzel und die damit verbundene geringere Standsicherheit trotz Revitalisierung nur bedingt ausgleichen, in Altbeständen kann daher das Sturmwurfisiko erhöht sein. Vermutlich besteht ein standörtlicher Zusammenhang, der allerdings bisher nicht überprüft wurde.

Frostgefährdung

Die Weißtanne ist in besonderem Maße spätfrostgefährdet (Ellenberg 1986). Spätfrostereignisse sind in der Regel auf Strahlungsfrost zurückzuführen und stellen damit für Jungpflanzen unter zwei Metern Höhe ein besonderes Risiko dar. In spätfrostgefährdeten Lagen sind junge Tannen daher zwingend auf einen schützenden Altholzschirm angewiesen, der diese Gefahr effektiv verringert. Wird die Tanne im Rahmen des Waldumbaus vorangebaut, muss die Stabilität des Altholzschirms daher gewährleistet sein (Lemme et al. 2010).

Schalenwild und Mäuse

Die Weißtanne ist ausgesprochen schattentolerant. Ihre Verjüngung ist bei entsprechenden Standortbedingungen daher eigentlich waldbaulich unproblematisch. Trotzdem gelingt die Verjüngung, ja selbst die Pflanzung in der Regel nicht, sofern nicht aufwendige Schutzmaßnahmen gegen Wildverbiss ergriffen werden (Abbildung 3).

Das Schalenwild bevorzugt die Tanne als Nahrungspflanze, z. B. gegenüber der Fichte, da sie über einen vergleichsweise hohen Nährstoffgehalt (insbesondere Stickstoff und Calcium) bei gleichzeitig geringen Gehalten die Verdauung behindernder, sekundärer Inhaltsstoffe (Lignin, Harz, u. a.) verfügt. Dieser bevorzugte Verbiss kann zu einer Entmischung der Verjüngung auf Kosten der Tanne bis hin zum vollständigen Ausfall der Baumart führen (Ruegg und Schwitter 2002). Senn et al. (2007) zeigten, dass die Verbissintensität an Pflanzen von 10 bis 130 Zentimetern Höhe signifikant mit der Populationsdichte des Schalenwildes ansteigt. Im Ergebnis führt dieses „Waldsterben von unten“ (SDW 2008) zu einer problematischen Gefährdung der Baumart, die sich insbesondere im Schutzwald katastrophal



Abbildung 3: Ersatztrieb Bildung bei einer mehrfach verbissenen Weißtanne (Foto: R. v. Beek)

auswirken kann. Neben dem Verbiss durch Schalenwild sind auch Mäuseschäden an Tannensämlingen (Pflanzenhöhe unter 10 cm) von Bedeutung. Auch hier gibt es eine signifikant positive Korrelation zwischen Verbissintensität und Populationsdichte, die sich negativ auf die Tannenverjüngung auswirkt (Senn et al. 2007). Allerdings unterliegt die Populationsdichte der Mäuse einer hohen natürlichen Schwankung, spürbare Schäden bleiben daher auf einzelne Jahre mit hoher Populationsdichte beschränkt.

Insekten

Müller und Gossner (2004) betonen die tierökologische Bedeutung der Weißtanne im Hinblick auf ihre weite ökologische Amplitude, die es Tierarten mit der Präferenz für Nadelbäume ermöglicht, in unterschiedlichsten Waldgesellschaften zu leben. Dennoch gilt die Weißtanne im Vergleich zu anderen Baumarten als relativ artenarm (Bücking 1998), auch wenn neuere Arbeiten, die die Kronenfauna mit berücksichtigen, diese Auffassung relativieren (Gauderer et al. 2006). In der forstlichen Praxis gilt die Weißtanne im Hinblick auf Schäden durch Insekten als vergleichsweise unproblematisch. Tatsächlich ist die Zahl potentiell schädlicher Forstinsekten an der Weißtanne überschaubar, diese können aber unter bestimmten Bedingungen gravierende Schäden verursachen. Von besonderer Bedeutung sind die Tannentriebläuse, die Tannenstammlaus, verschiedene Borkenkäferarten, der Tannenrüsselkäfer sowie die holzbrütenden Lagerholzschädlinge.

Tannentriebläuse

Die Tannentriebläuse der Gattung *Dreyfusia* wurden ab 1840 aus ihrem ursprünglichen Verbreitungsgebiet, der Kaukasusregion, mit *Abies-nordmanniana*-Pflanzen nach Mitteleuropa eingeschleppt. Zwei Arten werden unterschieden, die Einbrütige Tannentriebläuse (*Dreyfusia nordmanniana*) und die Zweibrütige Tannentriebläuse (*Dreyfusia merkeri*). Beide Arten durchlaufen im ursprünglichen Verbreitungsgebiet einen zweijährigen vollständigen Entwicklungszyklus, der aus mehreren Generationen besteht und einen Wirtspflanzenwechsel beinhaltet. Die geschlechtliche Fortpflanzung findet an der Orientfichte (*Picea orientalis*) als Primärwirt, die ungeschlechtliche Vermehrung an der Nordmannstanne (*Abies nordmanniana*) als Sekundärwirt statt. Dieser vollständige Zyklus wird in Mitteleuropa praktisch nicht beobachtet, da die Orientfichte in der Regel fehlt und die einheimische Fichte keinen adäquaten Ersatz darstellt. Vielmehr läuft ein einjähriger, ungeschlechtli-



Abbildung 4: Nadelsauger der Tannentriebläus (*Dreyfusia nordmanniana*) an Maitrieb (Foto: R. Petercord)



Abbildung 5: Abgestorbener Terminaltrieb nach Befall durch die Tannentriebläus (*Dreyfusia nordmanniana*) (Foto: R. Petercord)

cher Nebenzyklus auf der Weißtanne ab, die als neuer Sekundärwirt fungiert. Beide *Dreyfusia*-Arten bilden rinden- und nadelsaugende Formen aus, die sich als Phloemsauger aus den nährstofftransportierenden Leitungsbahnen ernähren.

Der Befall der Mainadeln (Abbildung 4) ist der für die Pflanzen schwerwiegendere, da die betroffenen Triebe bei hoher Populationsdichte absterben (Abbildung 5) und Jungtannen bei mehrjährigem Befall vom Gipfeltrieb her vollständig absterben können (Nierhaus-Wunderwald und Forster 1999).

Die Nadelsauger der Einbrütigen Tannentrieblaus bilden in der Vegetationszeit nur eine Generation aus. Die Zweibrütige Tannentrieblaus dagegen produziert im Spätsommer eine zweite Generation, damit erhöht sich die Populationsdichte deutlich (Schwerdtfeger 1981). Betroffen sind insbesondere Bäume der ersten Altersklasse, jedoch können Bäume aller Altersklassen befallen werden (Nierhaus-Wunderwald und Forster 1999). Bei älteren Bäumen ist der Befall auf Stamm (Rindensauger) und Wasserreiser (Nadelsauger) beschränkt. In der Regel liegt eine physiologische Disposition des Baumes für den Massenbefall durch die Läuse vor, häufig wird daher eine Zunahme des Befalls bei plötzlicher Freistellung vormals überschirmter Tannen beobachtet. Die Umstellung von Schatt- zu Lichtnadeln stellt für den Baum physiologischen Stress dar, den die Läuse bei dann verringerter pflanzlicher Abwehr ausnützen können. Charakteristisch für einen starken Trieblausbefall ist die Verkrümmung der Mainadeln nach innen, die beiden Wachsstreifen auf den Nadelunterseiten sind nicht mehr zu sehen (Abbildung 6). Der Stammbefall durch die Tannentriebläuse ist in der Regel unbedeutend, kann den betroffenen Baum jedoch für Sekundärbesiedler disponieren.

Tannenstammlaus

Die Tannenstammlaus (*Dreyfusia piceae*) (Abbildung 7) ist in Mitteleuropa vermutlich einheimisch.

Sie besiedelt ausschließlich die Rinde älterer Tannen und vermehrt sich über zwei bis drei ungeschlechtliche Generationen im Jahr. Eine geschlechtliche Vermehrung über Gallen findet nicht statt. Ein Primärwirt ist nicht bekannt. Der Befall der Tannenstammlaus ist vom Stammbefall (Rindensauger) der Tannentriebläuse praktisch nicht zu unterscheiden (Schwerdtfeger 1981).

Die Verlausung der Stämme durch die Tannenstammlaus oder die Tannentriebläuse führt zu starken Nährstoffverlusten und beeinflusst den Wasserhaushalt negativ, ist aber für den betroffenen Baum, insbesondere in höheren Altersklassen, in der Regel ungefährlich. Die Tannenstammlaus gilt daher nicht als bedeutendes Schadinsekt der Weißtanne (Schwerdtfeger 1981). Andererseits ist der Befall der Tannenstammlaus hinsichtlich einer möglichen Disposition für Sekundärbesiedler gleich zu bewerten mit dem Stammbefall der Tannentriebläuse. Die Stammverlausung ist ein Schüsselfaktor für die Entstehung der Tannen-Rindennekrose (Feemers et al. 2005).



Abbildung 6: Charakteristisches Verkrümmen der Nadeln bei starkem Befall durch die Tannentrieblaus (*Dreyfusia nordmanniana*) (Foto: R. Petercord)



Abbildung 7: Starker Befall durch die Tannenstammlaus (*Dreyfusia piceae*) an einer circa 40-jährigen Tanne (Foto: R. Petercord)

Borkenkäfer der Weißtanne

An der Weißtanne finden sich, wie bei jeder anderen Baumart auch, rindenbrütende Borkenkäfer, die insbesondere nach Trockenstress-Ereignissen merkliche Schäden verursachen können. Die Borkenkäfer der Weißtanne sind aber weniger aggressiv als der Buchdrucker oder der Kupferstecher an der Fichte und be-



Abbildung 8: Gangsystem des Weißtannenrüsselkäfers (*Pissodes piceae*) (Foto: R. Petercord)

nötigen vorgeschädigte Bäume. Bei ausreichendem Brutraumangebot können die Arten an Weißtanne primär werden, dann entstehen Befallsnester, die aktive Waldschutzmaßnahmen erfordern. Analog zu den Borkenkäfern an der Fichte haben sich auch die Borkenkäfer der Tanne eingemischt. Je nach bevorzugter Rindendicke und Alter finden sich unterschiedliche Arten. An Altbäumen sieht man häufig einen Mischbefall, an dem verschiedene Arten je nach Spezialisierung beteiligt sind. Die wichtigste und bekannteste, gleichzeitig auch größte Borkenkäferart an der Weißtanne ist der Krummzahnige Tannenborkenkäfer (*Pityokteines curvidens*). Charakteristisch ist sein Brutbild, es ähnelt einer Doppelklammer. Sie entsteht, weil zwei Weibchen vom selben Einbohrloch aus jeweils einen doppelarmigen Quergang als Muttergang anlegen. Die Rammelkammer ist in der Regel nicht zu sehen, da sie in der dickborkigen Rinde, die die Art bevorzugt, verborgen liegt. Seine Schwesterarten, der Westliche Tannenborkenkäfer (*Pityokteines spinidens*) und der Mittlere Tannenborkenkäfer (*Pityokteines vorontzovi*) sind an sternförmigen Brutsystemen zu erkennen. Beim Westlichen Tannenborkenkäfer sind sie in denselben Stammartien zu finden wie beim Krummzahnigen Tannenborkenkäfer. Der Mittlere Tannenborkenkäfer bevorzugt dagegen die oberen, dünn- und glattrindigen Stammteile und Äste und kommt daher bei Alttannen nur im Kronenraum vor. Die Rammelkammer dieser Art ist vergleichsweise groß und gut zu erkennen (Nierhaus-Wunderwald 1995).

Alle drei Arten können witterungsabhängig mehrere Generationen im Jahr durchlaufen, in Höhenlagen unterhalb 800 Meter ü. NN in der Regel zwei. Geschwisterbruten sind möglich. Die Brutbilder der Geschwisterbruten weichen von den charakteristischen Brutbildern der ersten Eiablage ab und können die Erkennung der Art anhand der Brutbilder erschweren. Alle drei Arten legen die Puppenwiegen im Splint (Splintwiegen) an. Eine Bekämpfung mittels Entrindung der Stämme ist in diesem Entwicklungsstadium daher nicht mehr wirksam (Nierhaus-Wunderwald 1995).

Eine weitere Borkenkäferart an der Weißtanne ist der Kleine Tannenborkenkäfer (*Cryphalus piceae*). Er bevorzugt die dünne Rinde von Ästen und Zweigen im Kronenraum und besetzt damit an der Tanne die ökologische Nische, die der Kupferstecher bei der Fichte inne hat. Die Art kann daher auch in Dickungen und Stangenhölzern auftreten und Schäden verursachen. Auch diese Art kann primär werden und neigt zur Massenvermehrung. Das Brutbild des Kleinen Tannenborkenkäfers besteht aus einem unregelmäßigen platzartigen Muttergang, in dem die Eier haufenweise und nicht in extra Einischen abgelegt werden, sowie den strahlenförmig von diesem Muttergang ausgehenden Larvengängen. Der Kleine Tannenborkenkäfer durchläuft bei günstigen Witterungsbedingungen mindestens zwei Generationen pro Jahr und legt Geschwisterbruten an (Nierhaus-Wunderwald 1995).

Weißtannenrüsselkäfer

Der Weißtannenrüsselkäfer (*Pissodes piceae*) ist als Sekundärbesiedler ebenfalls auf vorgeschädigte Tannen angewiesen, besitzt aber wie die Borkenkäfer das Potential zur Massenvermehrung und kann daher primär werden. Die Art befällt insbesondere Stellen mit dickborkiger Rinde und ist daher häufig am unteren Stammabschnitt und nur bei stärkeren Alttannen bis hinauf in die Krone zu finden. Erstes Symptom eines Rüsselkäferbefalls sind Harztropfen an der Befallsstelle. Sie entstehen in Folge der Eiablage, zu der die Weibchen kleine Gruben in die Rinde nagen und jeweils zehn bis zwanzig Eier ablegen. Die Eigruben werden bevorzugt an Astquirlen, krebsigen oder verletzten Stellen angelegt. Ausgehend von diesen Eigruben fressen die Larven Gänge, die je nach Rindendicke vollständig in der Rinde oder den Splint schürfend verlaufen. Die Larvengänge sind bis zu 50 Zentimeter lang und fest mit Bohrmehl verstopft (Abbildung 8).

Sie enden in einer für alle *Pissodes*-Arten charakteristischen elliptischen Puppenwiege, die in den Splint abgesenkt und mit feinen Nagespänen ausgepolstert ist (Spanpolsterwiege) (Nierhaus-Wunderwald 1995).

Der Weißtannenrüsselkäfer besitzt eine hohe Vermehrungsfähigkeit, da die Alttiere über mehrere Jahre leben und während der gesamten Vegetationszeit Eier ablegen. Deshalb sind an einem Stamm alle Entwicklungsstadien parallel nebeneinander zu finden. Die Entwicklung dauert in der Regel ein Jahr, deshalb wird nur eine Generation durchlaufen. Bei günstigen Witterungsbedingungen und früher Eiablage kann aber eine zweite Generation angelegt werden. Die noch nicht vollständig entwickelten Tiere überwintern in den Brutsystemen im Stamm, die Adulten in der Nadelstreu (Nierhaus-Wunderwald 1995). Bereits wenige Brutsysteme können ausreichen, um einen befallenen Stamm zum Absterben zu bringen. Im Krankheitsverlauf der Tannen-Rindennekrose wird der Weißtannenrüssler häufig als Folgeschädling beobachtet (Feemers et al. 2005; John 2009).

Holzbrütende Arten

Zahlreiche Holzbrütende Arten können auch Weißtannenstämmen massiv entwerten. Dies lässt sich nur mit aktiven Waldschutzmaßnahmen vermeiden. Beispielfolgendermaßen werden hier zwei mycetophage Arten beschrieben. Der Sägehörnige Werftkäfer (*Hylecoetus dermestoides*) ist ausgesprochen polyphag und befällt sowohl liegendes Laub- als auch Nadelholz. Die Larvengänge verlaufen mehr oder weniger radial und führen damit zu einer nahezu vollständigen Stammwertung. Auffällig ist der starke Auswurf weißen Bohrmehls, den die Larve mittels eines charakteristischen Schwanzfortsatzes bewerkstelligt. Die Entwicklung dauert zwei bis drei Jahre, kann aber bei günstigen Bedingungen auch einjährig sein (Schwerdtfeger 1981).

Der Gestreifte Nutzholzborkenkäfer (*Trypodenron lineatum*) gehört zu den Holzbrütenden Borkenkäfern und ernährt sich wie der Werftkäfer von einem Ambrosia-Nährpilz, der an den Gangwänden des Brutsystems bzw. Larvenganges wächst. Charakteristisch für den Gestreiften Nadelnutzholzborkenkäfer ist das Brutsystem in Form einer einholmigen Leiter, das jeweils ein Weibchen dieser monogamen Art anlegt. Das Brutsystem besteht aus einer kurzen Eingangsröhre und gabelt sich dann in meist zwei Muttergänge auf. Diese Muttergänge stellen jeweils den „Holm“ der Leiter dar. Das Weibchen nagt in den Gangboden und die Gangdecke alternierend einischen, in die es jeweils ein Ei ablegt. Die Larven erweitern diese Einischen im Laufe ihrer Entwicklung zu kurzen Larvengängen, die letztlich

auch als Puppenwiegen dienen. Diese Larvengänge sind circa fünf Millimeter lang und verlaufen in Faserichtung, sie stellen die „Sprossen“ der Leiter dar. Die Muttergänge verlaufen mehr oder weniger radial, teilweise den Jahrringen folgend und reichen bis circa zehn Zentimeter tief ins Holz hinein. Die Elterntiere betreiben eine umfangreiche Brutpflege, indem sie den Nährpilz im Gangsystem während der Larvalentwicklung ihrer Nachkommen pflegen und für eine ausreichende Belüftung des Systems sorgen. Geschwisterbruten sind daher ausgeschlossen. Die vollständig entwickelten Jungkäfer verlassen das Brutsystem über das Einbohrloch und überwintern in der Bodenstreu (Schwerdtfeger 1981). Pro Jahr wird eine Generation durchlaufen (Schwerdtfeger 1981), es gibt allerdings Hinweise auf eine mögliche zweite Generation (Parini und Petercord 2006). Da die Art zu den Frühschwärmern zählt und Befall bereits Ende März beobachtet werden kann, sind entsprechende Waldschutzmaßnahmen sehr früh im Jahr notwendig.

Pilze

Eine Vielzahl von Pilzarten lebt an oder mit der Weißtanne. Als Krankheitserreger sind insbesondere die Nadelpilze sowie die Erreger von Wurzelfäulen von Bedeutung. In der Regel sind diese Krankheitserreger nicht auf die Weißtanne spezialisiert, sondern treten auch an verschiedenen anderen Arten der Gattung *Abies*, an anderen Nadelholzarten oder gar an Laubholzarten in Erscheinung.

Tannenkrebs

Eine der wichtigsten Tannenkrankheiten in Mitteleuropa ist der Tannenkrebs, den der Rostpilz *Melampsorella caryophyllacearum* verursacht. Die Krankheit ist nicht auf die Weißtanne beschränkt, sondern wird auch an anderen Tannenarten beobachtet. Charakteristisch sind je nach Befallsstelle Verdickungen (Krebs) an Zweigen, an der Stammachse selbst oder die Ausbildung eines Hexenbesens. Die Infektion erfolgt im Frühjahr über die jungen Nadeln. Der Pilz wächst von der Infektionsstelle in das Kambium und verursacht hier eine krebsartige Wucherung, die an Zweigen und Ästen unproblematisch ist, am Stamm aber zu einer dauerhaften Holzwertung führt. Stämme mit entsprechendem Schadbild werden als „Rädertanne“ bezeichnet und können im Bereich der Krebswucherung über Rindenrisse leicht von holzzersetzenden Arten, z. B. dem Tannen-Feuerschwamm (*Phellinus hartigii*), befallen werden (Butin 1989; Metzger 2010).



Abbildung 9: „Donnerbusch“, ausgelöst von *Melampsorella caryophyllacearum*, dem Erreger des Tannenkrebses – charakteristisch ist die einjährige, kurze und gelb verfärbte Benadelung. (Foto: R. Petercord)

Der Hexenbesen oder Donnerbusch (Abbildung 9) entsteht, wenn es dem Pilz gelingt, in eine Knospe einzudringen und sie über Pflanzenhormone zu einem abnormalen Wachstum anzuregen.

Über die Jahre entsteht ein aufrecht wachsendes, reich verzweigtes „Bäumchen“, in dem der Pilz systemisch vorhanden ist und über dessen Nadeln er jährlich im Sommer Sporen abgibt. Der Hexenbesen trägt daher immer auch nur einen Nadeljahrgang. Hexenbesen können viele Jahre alt werden und eine beträchtliche Größe erreichen. Der Hexenbesen schädigt den Baum direkt nur in geringem Maße und beschränkt sich im Wesentlichen auf den Nährstoffentzug für seine Versorgung (Butin 1989; Metzger 2010). Allerdings befallen Tannentriebbläuse bevorzugt Hexenbesen. Auf Grund der veränderten Physiologie des Hexenbesens bauen sie an ihnen lokale Massenvermehrungen auf, die wiederum als Quellpopulationen fungieren können.

Melampsorella caryophyllacearum durchläuft einen obligaten Wirtswechsel mit Nelkengewächsen, insbesondere der Waldsternmiere (*Stellaria nemorum*), die damit die Hauptüberträgerin des Tannenkrebses ist. Eine Übertragung von Tanne zu Tanne ist ausgeschlossen. Zur Verminderung des Befallsdrucks sollten Tannen nicht in unmittelbarer Nähe zu Orten gepflanzt werden, an denen Nelkengewächse vorkommen, dies sind insbesondere Gräben, Waldstraßen und Rückegassen (Metzger 2010).

Tannen-Nadelbräune

Die Tannen-Nadelbräune (*Herpotrichia parasitica*) ist eine Krankheit der Jungbestände. Sie tritt in Naturverjüngungen, Kulturen und Dickungen auf, die ein feuchtes Innenklima kennzeichnet, typischerweise also in feuchten Lagen, bei zu großem Dichtstand oder dichter Überschirmung. Die Infektion erfolgt sowohl über Sporen als auch über ein Überwachsen des unter Knospenschuppen überwinterten Myzels auf die Nadeln. Befallen werden sowohl junge als auch alte Nadeln. Nachdem sie abgestorben und verbraunt sind, lösen sie sich vom Zweig, bleiben jedoch locker daran hängen, da sie mit dem Myzelfaden verbunden sind. Über waldbauliche Maßnahmen kann der Infektionsdruck reduziert werden (Butin 1996).

Tannen-Nadelrost

Der Rostpilz *Pucciniastrum epilobii* löst den Tannen-Nadelrost oder auch Tannen-Säulenrost aus. Die Art ist ebenso wie der Erreger des Tannenkrebses obligat wirtswechselnd (heterözisch). Die Hauptwirtspflanze, an der die geschlechtliche Vermehrung stattfindet, ist das Weidenröschen (*Epilobium* spp.). Auf seinen vorjährigen am Boden liegenden Blättern entwickeln sich im Frühjahr Basidiosporen, die die jungen Tannennadeln infizieren. Auf der Tanne als Nebenwirtspflanze entwickelt der Pilz seine ungeschlechtliche Form, die über charakteristische weiß-gelbe, stiftförmige Sporenlager, die sich auf der Unterseite infizierter Nadeln im Sommer ausbilden, Sporen (Aecidiosporen) abgeben (Abbildung 10).

Diese Sporen infizieren wiederum das Weidenröschen. Damit ist der Entwicklungszyklus geschlossen. Der Befall der Tanne ist in der Regel unproblematisch, nur bei hoher Infektionsrate kann sich der Trieb verformen oder gar absterben. Eine konsequente Entfernung des Weidenröschens kann den Entwicklungszyklus unterbrechen und auf diese Weise die Krankheit effektiv bekämpft werden (Butin 1996).

Tannennadel-Ritzenschorf

Der Tannennadel-Ritzenschorf (*Lirula nervisequia*) ist ein Schütteerreger der Weißtanne, der im gesamten Verbreitungsgebiet auftritt. Da ausschließlich ältere Nadeljahrgänge (zwei- bis dreijährig) und in der Regel nur einzelne Nadeln betroffen sind, ist der forstwirtschaftliche Schaden meist gering. Charakteristisch für den Pilz ist die Ausbildung schwarzer Längswülste auf der Oberseite der gelbverfärbten Nadeln im Frühjahr (Butin 1996).

Kabatina-Nadelbräune der Tanne

Die Kabatina-Nadelbräune (*Kabatina abietis*) tritt an verschiedenen Tannenarten auf (Abbildung 11). Charakteristisch ist eine klare Zonierung der befallenen Nadeln. Nadelbasis und Nadelspitze bleiben nach der Infektion noch lange grün und sind scharf von den rotbraunen, nekrotischen Bereichen abgegrenzt. Der Pilz wurde erst 1993 beschrieben und hat forstwirtschaftlich eine geringe Bedeutung, verursacht aber bei forstlichen Nebennutzungen (Schmuckgrün, Weihnachtsbäume) erhebliche finanzielle Schäden (Butin 1996).

Grauschimmelfäule

Die Grauschimmelfäule (*Botrytis cinerea*) ist eine weitverbreitete, wirtsunspezifische Art, die sowohl Laubbäume als auch Nadelbäume befallen kann. Überwiegend betroffen sind Douglasie, Tanne, Fichte und Lärche. Der Pilz befällt die Pflanzen in der Austriebsphase bei ausreichend hoher Luftfeuchtigkeit und eher niedrigen Temperaturen. Er bringt das junge, nicht verholzte Gewebe zum Absterben, die Maitriebe welken und hängen schlaff herab. Die Schäden können daher mit Spätfrostschäden verwechselt werden, allerdings tritt der Grauschimmel meist nur an einzelnen Trieben auf. Bei ausreichender Luftfeuchtigkeit entwickelt sich auf dem abgestorbenen Gewebe ein üppig wachsendes grau-braunes Luftmyzel. Die Schäden treten besonders in Saatbeeten, Kulturen und Dickungen auf und können zu erheblichen Ausfällen führen. Dichtstand fördert diese Schäden. Bei Altbäumen beschränkt sich der Schaden auf die Schattenkrone und ist nicht lebensbedrohlich (Butin 1996).



Abbildung 10: Starker Befall einer von Weidenröschchen umstandenen Tanne mit dem Tannen-Nadelrost (Foto: R. Petercord)



Abbildung 11: Kabatina-Nadelbräune der Tanne an Küstentanne (*Abies grandis*) (Foto: R. Petercord)

Hallimasch

Der Hallimasch (*Armillaria spp.*) ist der bedeutendste Erreger von Wurzelfäulen bei verschiedenen Laub- und Nadelholzarten. Es handelt sich um einen bodenbürtigen Pilz, der als Saprophyt eine wichtige Rolle bei der Zersetzung abgestorbenen Holzes spielt. Der Hallimasch ist ein klassischer Schwächeparasit, der in eine parasitische Form wechselt, wenn Stressfaktoren seine

Wirtspflanzen schwächen. Als Stressfaktoren kommen Pflanzschock, Schädlingsbefall, Staunässe, Wurzelverletzungen, Wasser- oder Nährstoffmangel in Frage. Der Pilz dringt über die Wurzel ein und breitet sich über das Kambium nach oben aus. Gelingt es dem Baum nicht, den Befall abzuwehren, erreicht der Pilz letztlich den Stamm. Sobald das Kambium stammumfassend besiedelt ist, stirbt der Baum ab. Besiedlung und Abwehrkampf können sich, abhängig von der individuellen Vitalität der Wirtspflanze, über Jahre hinziehen. Charakteristisch für den Hallimasch-Befall sind ein starker Harzfluß (Harzsticken), die Ausbildung eines Fächermyzels, die schnurähnlichen Rhizomorphen sowie die essbaren Fruchtkörper (Nierhaus-Wunderwald 1994; Butin 1996).

Tannen-Rindennekrose

In den vergangenen Jahren wurde über ein verstärktes Auftreten der Tannen-Rindennekrose in Baden-Württemberg berichtet (Schröter et al. 2010). In Bayern tritt die Krankheit ebenfalls auf, ist aber auf einzelne Bestände beschränkt. Die Tannen-Rindennekrose entspricht in ihrem Krankheitsverlauf der Buchen-Rindennekrose und kann als Komplexkrankheit, an der mehrere Schadfaktoren beteiligt sind, verstanden werden.



Abbildung 12: Massiver Mistelbefall (Foto: R. Petercord)

Die Tannen-Rindennekrose entsteht nach dem Befall durch die Tannenstammlaus (*Dreyfusia piceae*) bzw. die Tannentriebläuse (*Dreyfusia nordmanniana*; *D. merkeri*), wenn der Rindenpilz *Nectria fuckeliana* als sekundärer Schadorganismus in die Rinde eindringt und letale Schäden am Kambium verursacht. Massenvermehrungen der Tannenstammlaus bzw. der Tannentriebläuse, die als Voraussetzung für die Komplexkrankheit angesehen werden müssen, entstehen bei physiologischem Stress der Pflanzen, der vielfältige Ursachen (z. B. Trockenstress infolge von Niederschlagsdefiziten oder Durchforstungsrückständen) haben kann. Den Läusen öffnet sich ein „physiologisches Fenster“ günstiger Ernährungsbedingungen auf Einzelbaum- bis Bestandesebene. Die Einstichkanäle der phloemsaugenden Rindenlaus dienen dem Pilz dann als „Eintrittspforte“. *Nectria fuckeliana* kann intakte Rinde nicht aus eigener Kraft infizieren, sondern benötigt deren Disposition auf Grund des Lausbefalls. Der Pilz, der ansonsten als Saprophyt auf der Rinde lebt, wird nach dem Eindringen in die Rinde zum Parasiten, der dazu befähigt ist, das Kambium am Befallsort abzutöten, Kambiumnekrosen entstehen. Starker, flächiger Harzfluß kennzeichnet den Krankheitsverlauf. Letztlich kann das „Zusammenfließen“ der Kambiumnekrosen zum Absterben erkrankter Bäume führen (Feemers et al. 2005). Präventive waldbauliche Maßnahmen können dem Auftreten der Erkrankung entgegenwirken.

Daneben ist ein Sekundärbefall durch den Weißtannenrüssler (*Pissodes piceae*) bzw. die verschiedenen Tannenborkenkäferarten (*Pityokteines spp.*) möglich. Sie beschleunigen den Krankheitsverlauf maßgeblich und können Massenvermehrungen durchlaufen, die auch schwach geschädigte Tannen treffen. Dem sekundären Insektenbefall lässt sich nur mit Maßnahmen der „Sauberer Waldwirtschaft“ entgegenwirken (John 2009).

Tannenmistel

In den vergangenen Jahren ist eine Zunahme des Befalls von Weißtannen mit der Tannenmistel festzustellen (Abbildung 12) (Schmidt und Mayer 2004).

Die Tannenmistel (*Viscum album ssp. abietis*) ist eine Unterart der Gemeinen Mistel und befällt ausschließlich die Weißtanne und andere Tannenarten. Die Tannenmistel ist immergrün und gehört zu den Halbschmarotzern, da sie ihren Nährstoffbedarf über die Photosynthese selbst deckt und ihrer Wirtspflanze Wasser und Mineralien entzieht. Dazu verwendet die Mistel Senker (Haustorien), die den Anschluss an das Xylem

der Wirtspflanze gewährleisten. Starker Mistelbefall kann die Wirtspflanze erheblich schwächen und sie für Sekundärbesiedler, insbesondere Borkenkäfer, disponieren (Butin 1989).

Die Küstentanne – eine risikoärmere Tanne?

Grundsätzlich können Insekten und Pilze an jeder Baumart Schäden verursachen. Dies gilt für einheimische ebenso wie für fremdländische Baumarten. Bei den fremdländischen Baumarten treten biotische Waldschutzprobleme meist verzögert auf. Gründe dafür sind die geringe Anbaufläche, die zunächst fehlende Anpassung einheimischer Schadorganismen an die neue Wirtspflanze sowie das Fehlen von Schadorganismen aus dem ursprünglichen Verbreitungsgebiet der Art. Gleichzeitig ist der Genpool der eingeführten Baumarten zunächst eingeschränkt und kann einheimischen Arten die Anpassung erleichtern.

Bekannteste Beispiele für Krankheiten, die den Anbau fremdländischer Baumarten ganz oder zumindest teilweise ad absurdum geführt haben, sind der Weymouthskiefer-Blasenrost (*Cronartium ribicola*) und die Rostige Douglasenschütte (*Rhabdocline pseudotsugae*). Der Anbau der Weymouthskiefer galt bis zum Auftreten des Weymouthskiefer-Blasenrostes in den 1930er Jahren in Mitteleuropa als forstlich besonders erfolgsversprechend und kam anschließend nahezu vollständig zum Erliegen. Auch der erst 1922 aus Nordamerika eingeschleppte Erreger der Rostigen Douglasenschütte, der in seiner Heimat als forstlich unbedeutend gilt, beendete den Anbau der *caesia*- und *glauca*-Formen der Douglasie („graue und blaue Douglasie“) in Europa. Beide Krankheiten traten erst Jahrhunderte (Weymouthskiefer) bzw. über 100 Jahre (Douglasie) nach Einführung der Baumarten nach Europa in Erscheinung.

Im ursprünglichen Verbreitungsgebiet der Großen Küstentanne kommen 16 Arten forstschädlicher Insekten und 27 Arten pilzlicher Krankheitserreger vor (Pacific Forestry Centre 2010). Das Waldschutzrisiko der Küstentanne ist damit im Vergleich zu anderen Nadelbaumarten Nordamerikas im Hinblick auf Insektenschäden leicht und auf ihre Anfälligkeit gegenüber pilzlichen Krankheitserregern deutlich erhöht.

In Mitteleuropa gibt es bisher kaum Erfahrungen mit Schadereignissen an der Küstentanne. Forstwirtschaftliche Versuchsanbauten mit der Großen Küstentanne existieren in Deutschland zwar bereits seit 1880. Auswertungen dieser Versuchsanbauten zielten im Wesentlichen aber auf die Wuchsleistung der Baumart ab und liefern keine gesicherten Erkenntnisse zur Abschätzung des biotischen Waldschutzrisikos. Ohne diese explizit zu prüfen, kommt Geb (2008) zu der Einschätzung: „Weder durch biotische noch durch abiotische Risikofaktoren ist die Küstentanne über ein Normalmaß hinaus gefährdet.“ In der Literatur wird jedoch auf eine erhöhte Anfälligkeit der Küstentanne gegenüber wurzelpathogenen Pilzen, insbesondere dem Hallimasch, hingewiesen. Entsprechendes wurde im westdeutschen IUFRO-Küstentannen-Provenienzversuch beobachtet, in dem auf manchen Flächen wiederholt einzelne Küstentannen auf Grund von Hallimasch ausgefallen sind (Rau et al. 2008). Darüberhinaus wurden nach der extremen Trockenheit im Sommer 2003 Stammrisse festgestellt (Rau et al. 2008), die für holzersetzende Pilze Eintrittspforten darstellen könnten. Nimsch (2005) beobachtete in bis 70-jährigen Küstentannen-Beständen immer wieder erhebliche Ausfälle auf Grund von Hallimasch-Befall und lehnt daher den forstlichen Anbau der Küstentanne ab. Eine abschließende Bewertung des Waldschutzrisikos der Küstentanne ist noch zu früh.

Ausblick

Wie schwer es ist, das zukünftige biotische Waldschutzrisiko für die Weißtanne, die Küstentanne und andere Nadelholzarten in Mitteleuropa abzuschätzen, zeigen beispielhaft die Fütterungsversuche von Kirichenko et al. (2008, 2010). Sie analysierten die Nahrungsqualität verschiedener europäischer und nordamerikanischer Nadelholzarten für den Sibirischen Kiefernspinner (*Dendrolimus sibiricus*). Die Art kommt in Sibirien an Lärchen, Tannen, Kiefern und Fichten vor und gilt in Russland entsprechend ihrem großen Verbreitungsgebiet als die gefährlichste nadelfressende Schmetterlingsart. In den vergangenen Jahren wurde eine Ausdehnung ihres Verbreitungsgebietes nach Westen beobachtet (Gninenko und Orinskii 2002). Deshalb nahm die European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) die Art in die Liste (A 2) der Quarantäne-Schädlinge auf (EPPO 2005). Kirichenko et al. (2008, 2010) zeigten, dass neben der Europäischen Lärche auch die Douglasie, die Atlaszeder, die Rotfichte, die Sitka-Fichte, die Weymouthskiefer, die Waldkiefer, die Kanadische Hemlocktanne, die Küstentanne und

auch die Weißtanne mit Überlebensraten von über 50 Prozent als potentielle Wirtsbaumarten des Sibirischen Kiefernspinners in Frage kommen.

Das Beispiel zeigt, dass Waldschutz kein statisches, sondern ein höchst dynamisches Arbeitsfeld ist und die Anforderungen an den Waldschutz auf Grund des Klimawandels und der zunehmenden Globalisierung, die auch eine Globalisierung der Arten zur Folge hat, stark zunehmen werden. Diesen Anforderungen kann der Waldschutz nur mit Hilfe eines breiten, auf fundierter wissenschaftlicher Arbeit gründenden Arten- und Methodenwissens begegnen.

Literatur

- Anonymus (1980): *Alle kaputt*. Der Spiegel, Nr. 37, S. 81–83
- Blaschke, H. (1981): *Schadbild und Ätiologie des Tannensterbens. II. Mykorrhizastatus und pathogene Vorgänge im Feinwurzelbereich als Symptome des Tannensterbens*. European Journal of Forest Pathology 11, S. 375–379
- Blaschke, H. (1982): *Schadbild und Ätiologie des Tannensterbens. III. Das Vorkommen einer Phytophthora-Fäule an Feinwurzeln der Weißtanne (Abies alba Mill.)*. European Journal of Forest Pathology 12, S. 232–238
- Borchert, H. (2007): *Veränderungen des Waldes in Bayern in den letzten 100 Jahren*. LWF Wissen 58, S. 42–49
- Brandl, H. (1985): *Zur Bedeutung bestandesgeschichtlicher Untersuchungen in der Forstgeschichte am Beispiel des „Tannensterbens“ im Schwarzwald*. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 156, S. 142–146
- Bücking, W. (wiss. Koord.) (1998): *Faunistische Untersuchungen in Bannwäldern – Holzbewohnende Käfer, Laufkäfer und Vögel*. Mit Beiträgen von Bense, U.; Bräunicke, M.; Bücking, W.; Geis, K.-U.; Hanke, U.; Hohlfeld, F.; Kärcher, R.; Rietze, J.; Trautner J. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 203, 271 S.
- Butin, H. (1989): *Krankheiten der Wald- und Parkbäume*. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, 216 S.
- Dudenredaktion (Hrsg.) (2006): *Duden – Deutsches Universalwörterbuch*. 6. überarbeitete und erweiterte Auflage, Dudenverlag, Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich, 2.016 S.
- Ellenberg, H. (1986): *Die Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht*. 4. verbesserte Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart, 989 S.
- Elling, W.; Heber, U.; Polle, A.; Beese, F. (2007): *Schädigung von Waldökosystemen*. Elsevier Verlag GmbH, München, 422 S.
- Engesser, R.; Forster, B.; Odermatt, O. (2000): *Nicht alle Weißtannen wachsen in den Himmel*. Faktenblatt Weißtanne – 6. Gefährdungen. Wald und Holz 81, S. 51–54
- EPPO (2005): *Data sheets on quarantine pests: Dendrolimus sibiricus and Dendrolimus [sic] superans*. European and Mediterranean Plant Protection Organization. http://www.eppo.org/QUARANTINE/insects/Dendrolimus_sibiricus/DSDENDSI.pdf [Stand: Januar 2010]
- Feemers, M.; Blascke, M.; Lang, K. J. (2005): *Tannen-Rindennekrose – eine Komplexkrankheit an der Weißtanne*. AFZ/Der Wald 60, S. 178–179
- Geb, M. (2008): *Schlussbericht des BMBF-Projektes „Verwertungsorientierte Untersuchungen der Holzarten Fagus sylvatica (Buche) und Abies grandis (Küstentanne) aus nachhaltig bewirtschafteten Mischbeständen zur Herstellung innovativer und zukunftsfähiger Holzprodukte und -werkstoffe“, Teilprojekt I: „Verwendungsorientierte Managementstrategien für Buchen-Küstentannen-Mischbestände“*. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, 33 S.
- Gninenko, Y.; Orlinskii, A. D. (2002): *Dendrolimus sibiricus in the coniferous forests of European Russia at the beginning of the twenty-first century*. OEPP/EPPO Bulletin 332, S. 481–483
- Gauderer, M.; Gruppe, A.; Gossner, M.; Müller, J.; Gerstmeier, R. (2006): *Vergleich der Kronenfauna von Tanne (Abies alba) und Fichte (Picea abies)*. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie 15, S. 113–116
- Gayer, K. (1898): *Der Waldbau*. 4. verbesserte Auflage, Paul Parey Verlag, Berlin, 626 S.
- John, R. (2009): *Empfehlungen zur Behandlung von durch Weißtannennüsselkäfer (Pissodes piceae) und Tannenstammläuse (Dreyfusia piceae) geschädigten Tannenbeständen*. FVA Waldschutz-Info 9, 9 S.
- Kirichenko, N. I.; Flament, J.; Baranchikov, Y.N.; Grégoire, J.-C. (2008): *Native and exotic coniferous species in Europe – possible host plants for the potentially invasive Siberian moth Dendrolimus sibiricus Tschtv. (Lepidoptera, Lasiocampidae)*. OEPP/EPPO Bulletin 38, S. 259–263
- Kirichenko, N.; Flament, J.; Baranchikov, Y.N.; Grégoire, J.-C. (2010): *Ability of the potentially invasive Siberian moth, Dendrolimus sibiricus (Lepidoptera: Lasiocampidae) to complete its life cycle on European and North American conifers: a trial on potted trees*. IUFRO workshop on Biotic Risks and Climate Change in Forests. Freiburg, 20.–23. September 2010, Vortrag
- Kölling, C.; Ewald, J.; Walentowski, H. (2004): *Lernen von der Natur: Die Tanne in den natürlichen Waldgesellschaften Bayerns*. LWF Wissen 45, S. 24–29
- König, A.; Mössmer, R.; Bäumler, A. (1995): *Waldbauliche Dokumentation der flächigen Sturmschäden des Frühjahres 1990 in Bayern und meteorologische Situation zur Schadenszeit*. Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Nr. 2, 336 S.

- Krehan, H. (1989): *Das Tannensterben in Europa. Eine Literaturstudie mit kritischer Stellungnahme*. FBVA-Berichte 39, Wien, 58 S.
- Larsen, J.B. (1986): *Das Tannensterben: Eine neue Hypothese zur Klärung des Hintergrundes dieser rätselhaften Komplexkrankheit der Weißtanne (Abies alba Mill.)*. Forstwissenschaftliches Centralblatt 105, S. 381–396
- Lemme, H.; Petercord, R.; Immler, T. (2010): *Waldschutzaspekte beim Voranbau*. AFZ/Der Wald 65, S. 8–9
- Metzler, B. (2010): *Tannenkrebs*. FVA Waldschutz-Info 1, 4 S.
- Müller, J.; Gossner, M. (2004): *Tierökologische Bedeutung der Weißtanne*. LWF Wissen 45, S. 74–77
- Neger, F.W. (1908): *Das Tannensterben in den sächsischen und anderen deutschen Mittelgebirgen*. Tharandter Forstliches Jahrbuch 58, S. 201–225
- Nierhaus-Wunderwald, D. (1994): *Die Hallimasch-Arten*. Wald und Holz 75, S. 8–14
- Nierhaus-Wunderwald, D. (1995): *Rindenbrütende Käfer an Weissanne*. Wald und Holz 76, S. 8–13
- Nierhaus-Wunderwald, D.; Forster, B. (1999): *Zunehmendes Auftreten der Gefährlichen Weissannentrieblaus*. Wald und Holz 80, S. 50–53
- Nimsch, H. (2005): *Erfahrungen mit Abies-Arten in Südwestdeutschland*. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft, Band 90, S. 89–119
- Pacific Forestry Centre (2010): *Natural Resources Canada*. <http://www.nrcan-rncan.gc.ca>. [Stand: Januar 2010]
- Parini, C.; Petercord, R. (2006): *Der Laubnutzholzborkenkäfer (Trypodendron domesticum L.) als Schädling der Rotbuche*. Mitteilungen aus der FAWF Rheinland-Pfalz 59, S. 63–77
- Rau, H.-M.; König, A.; Ruetz, W.; Rumpf, H.; Schönfelder, E. (2008): *Ergebnisse des westdeutschen IUFRO-Küstentannen-Provenienzversuches im Alter 27*. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 4, Universitätsverlag Göttingen, 62 S.
- Ruegg, D.; Schwitter, R. (2002): *Untersuchungen über die Entwicklung der Verjüngung und des Verbisses im Vivian-Sturmgebiet Pfäfers*. Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen 153, S. 130–139
- Schmidt, O. (2004): *Die Tanne im Frankenwald*. LWF Wissen 45, S. 41–46
- Schmidt, O.; Mayer, F.-J. (2004): *Waldschutzsituation an Tanne in bayerischen Wäldern*. Forst und Holz 12, S. 593–594
- Schröter, H.; John, R.; Petercord, R. (2009): *Die Stamm- und Triebläuse der Weißtanne*. FVA Waldschutz-Info 3, 7 S.
- Schröter, H.; Delb, H.; John, R.; Metzler, B. (2010): *Waldschutzsituation 2009/2010 in Baden-Württemberg*. AFZ/Der Wald 65, S. 8–11
- Schwerdtfeger, F. (1981): *Die Waldkrankheiten*. 4. neubearbeitete Auflage, Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin, 486 S.
- Schutzgemeinschaft Deutscher Wald (SDW) (2008): *Die Tanne*. Informationen zu Baumarten. Faltblatt Nr. 14, 2 S.
- Seitschek, O. (1981): *Verbreitung und Bedeutung der Tannenerkrankung in Bayern*. Forstwissenschaftliches Centralblatt 100, S. 138–148
- Senn, J.; Häsler, H.; Brang, P.; Zingg, A. (2007): *Verbiss der Weissanne durch Huftiere – Vom Kleinstandort beeinflusst*. Wald und Holz 88, S. 39–41
- Schütt, P. (1977): *Das Tannensterben – Der Stand unseres Wissens über eine aktuelle und gefährliche Komplexkrankheit der Weißtanne (Abies alba Mill.)*. Forstwissenschaftliches Centralblatt 96, S. 177–186

Key words: European Silver fir, dieback, forest protection, browsing damage, forest pest, insects, fungi

Summary: During the past twenty years the European silver fir underlay different changes of opinions. From the forest side of view almost given up in the years of the forest dieback, it became the white hope of climate-stabile forest ameliorations during the increasing knowledge about the climate change impact. Thereby easily forgotten is that the risk of biotic forest protection has not changed at all and that silvicultural regulations can only succeed if this aspect will be considered and reacted adequately.
